

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-121393

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月30日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

H 0 1 L 21/265

識別記号

F I

H 0 1 L 21/265

6 0 2 A

Z

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 3 頁)

(21) 出願番号 特願平9-280573

(22) 出願日 平成9年(1997)10月14日

(71) 出願人 000004097

日本原子力研究所

東京都千代田区内幸町2丁目2番2号

(72) 発明者 大島 武

群馬県高崎市綿貫町1233番地 日本原子力  
研究所高崎研究所内

(72) 発明者 伊藤 久義

群馬県高崎市綿貫町1233番地 日本原子力  
研究所高崎研究所内

(72) 発明者 梨山 勇

群馬県高崎市綿貫町1233番地 日本原子力  
研究所高崎研究所内

(74) 代理人 弁理士 社本 一夫 (外5名)

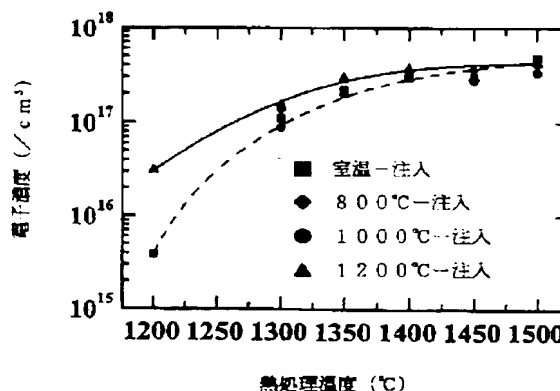
(54) 【発明の名称】 炭化ケイ素半導体へのドナー不純物をドーピングする方法

(57) 【要約】

【課題】 炭化ケイ素半導体 (SiC) にリン原子をドナー不純物としてドーピングする方法に関するものであり、リン原子を高温度でイオン注入することで、注入したリン原子の電気的活性化度を上げようとするものである。

【解決手段】 炭化ケイ素半導体にリン原子を高温度でイオン注入する際に、そのイオン注入の温度が1,200℃以上である炭化ケイ素半導体へのリン原子不純物をドーピングする方法。

図1 低濃度イオン注入



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 炭化ケイ素半導体にリン原子を高温でイオン注入することを特徴とする炭化ケイ素半導体へのリン原子不純物をドーピングする方法。

【請求項2】 イオン注入の温度が1,200℃以上である請求項1記載の炭化ケイ素半導体へのリン原子不純物をドーピングする方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、炭化ケイ素半導体（SiC）にリン原子をドナー不純物としてドーピングする方法に関するものであり、リン原子を高温でイオン注入することによって、注入したリン原子の電気的活性化度を上げようとするものである。

【0002】

【従来の技術】イオン注入によるSiC半導体へのリン原子のドーピングに関しては、その電気的活性化のためにはイオン注入の後、1400℃以上の高温による熱処理を必要とするため、有効なドーピング法として成立していない。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】この原因は、イオン注入に伴いSiC中に多くの照射損傷格子欠陥が発生し、このためイオン注入したリン原子がドナー不純物として電気的に活性化することが妨げられ、電子のドナーとして有効に作用しないためである。また、この欠陥が電気伝導を妨害するため、伝導電子の移動度が低下し、半導体材料としての電気特性が低下する。従って、注入されたリン原子の活性化率を上げると共に電気特性の低下を防ぐには、照射欠陥の発生を抑制する必要がある。本発明はかかる欠点を改善するために成したものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、1,200℃以上の高温に保持したSiCにリン原子をイオン注入することによって、発生する格子欠陥をその場でアノールして取り除き、効率よく電気的に活性化して電気特性を向上しようとするものである。

【0005】

【発明の実施の形態】1,200℃の温度に保ったSiCにドナー不純物であるリン原子をイオン注入すると、照射欠陥の発生が抑制され、注入リン原子は電気的に活性化して伝導電子が増加する。これを100℃以下でイオン注入し、1,200℃で熱処理する場合と比べると、約10倍の電気的活性化率を得ることができる。以下、本発明を実施例にしたかってより具体的に説明する。

【0006】

【実施例1】（低濃度イオン注入）

p型六方晶SiC単結晶を25℃（室温）、800℃、1,000℃のいずれかの温度に保ち、これに $1 \times 10^{18}$

$\text{cm}^{-2}$ のリン原子を80-200keVのエネルギーでイオン注入すると、注入リン原子は電気的にほとんど活性化しない。このSiCを1,200℃で熱処理を行うと、注入リン原子が活性化してn型半導体になるが、図1の点線で示すように電子濃度は $10^{15} \text{cm}^{-3}$ （ $\text{cm}^{-3}$ ）程度であり、イオン注入したリン原子の電気的活性化率は約 $10^{-3}$ である。

【0007】これに反し、p型六方晶SiC単結晶を1,200℃の温度に保ち、これに $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-2}$ のリン原子を80-200keVのエネルギーでイオン注入すると、図1の実線で示すように電子濃度は $10^{16} \text{cm}^{-3}$ （ $\text{cm}^{-3}$ ）程度であり、イオン注入後の熱処理を行わなくともリン原子は電気的に活性化してn型半導体になる。しかも、その活性化率は約 $10^{-1}$ である。

【0008】即ち、図1は、p型六方晶SiC単結晶へ $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-2}$ のリン原子を80-200keVのエネルギーでイオン注入した試料の室温での電子濃度及び熱処理後の電子濃度と熱処理温度との関係を示した図であり、イオン注入後の熱処理はアルゴンガス中で20分間行った。また、1,200℃で注入を行った試料の1,200℃の結果は注入後熱処理なしの結果である。

【0009】したがって、図1において、実線は、本発明によるものであり、p型六方晶SiC単結晶を1,200℃の温度に保ち、これにイオン注入したものを種々の温度で熱処理した場合の電子濃度を示し、点線は、p型六方晶SiC単結晶を25℃（室温）に保ち、これにイオン注入したものを種々の温度で熱処理した場合の電子濃度を示している。

【0010】

【実施例2】（高濃度イオン注入）

p型六方晶SiC単結晶を25℃（室温）に保ち、これに $6 \times 10^{18} \text{cm}^{-2}$ のリン原子を80-200keVのエネルギーでイオン注入すると、注入リン原子は電気的にほとんど活性化しない。このSiCを1,200℃で熱処理を行うと、図2の点線で示すように注入リン原子が活性化してn型半導体になるが、イオン注入したリン原子の電気的活性化率は約 $10^{-3}$ である。

【0011】これに反し、p型六方晶SiC単結晶を1,200℃に保ち、これに $6 \times 10^{18} \text{cm}^{-2}$ のリン原子を80-200keVのエネルギーでイオン注入すると、図2の実線のようにイオン注入後の熱処理を行わなくともリン原子は電気的に活性化してn型半導体になる。しかも、その活性化率は約 $10^{-1}$ である。また、1,500℃までの熱処理の効果を比較すると、1,200℃で注入を行った試料は室温で注入を行った試料に比べ、約2倍の電気的活性化率が得られた。

【0012】即ち、図2は、p型六方晶SiC単結晶へ $6 \times 10^{18} \text{cm}^{-2}$ のリン原子を80-200keVのエネルギーでイオン注入した試料の室温での電子濃度及

び熱処理後の電子濃度と熱処理温度との関係を示した図であり、イオン注入後の熱処理はアルゴンガス中で20分間行った。また、1,200℃で注入を行った試料の1,200℃の結果は注入後熱処理なしでの結果である。

【0013】したがって、図2において、実線は、本発明によるものであり、p型六方晶SiC単結晶を1,200℃の温度に保ち、これにイオン注入したものを種々の温度で熱処理した場合の電子濃度を示し、点線は、p型六方晶SiC単結晶を25℃(室温)に保ち、これにイオン注入したものを種々の温度で熱処理した場合の電子濃度を示している。

【0014】

【発明の効果】高温イオン注入法を用いることでリン原\*

子の不純物ドーピングに必要な熱処理の温度の低温化及び活性化率を高めることが可能になる。また、本発明の方法を用いることで、SiC半導体の素子化プロセスの低温化が可能になり、SiC半導体の素子作製に役立つ。

【図面の簡単な説明】

【図1】p型六方晶SiC単結晶へ $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ のリン原子を80-200keVのエネルギーでイオン注入した試料の室温での電子濃度及び熱処理後の電子濃度と熱処理との関係を示した図である。

10 【図2】p型六方晶SiC単結晶へ $6 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ のリン原子を80-200keVのエネルギーでイオン注入した試料の室温での電子濃度及び熱処理後の電子濃度と熱処理温度との関係を示した図である。

【図1】

【図2】

図1 低濃度イオン注入

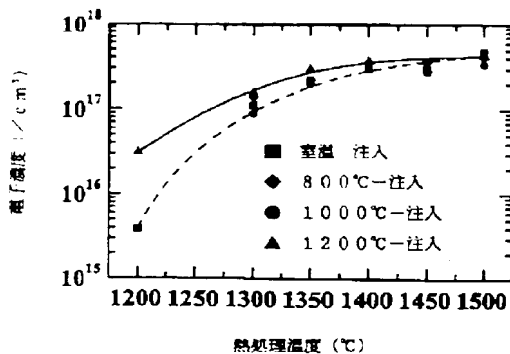


図2 高濃度イオン注入

